



RELATÓRIO TÉCNICO DO MONITORAMENTO DE MATERIAL PARTICULADO
EM CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

Monitoramento de MP_{2.5} e MP₁₀

Desenvolvimento:

Laboratório de Computação e Tecnologia em
Engenharia Ambiental (LACTEA)
Departamento de Engenharia Ambiental (DEA)
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Março de 2020

1 Introdução

O monitoramento de material particulado em Curitiba e região metropolitana é desenvolvido pelo Laboratório de Computação e Tecnologia em Engenharia Ambiental (LACTEA). O grupo de alunos e professores do LACTEA é responsável pela instalação dos sensores, transmissão e armazenamento dos dados em um servidor, análise dos resultados e produção deste relatório.

A elaboração deste produto técnico integra as atividades projeto de pesquisa da UFPR intitulado “Monitoramento e estudo de relações entre material particulado e variáveis meteorológicas em Curitiba”, que tem como objetivo criar uma rede de monitoramento da qualidade do ar na capital do estado do Paraná. Os boletins do monitoramento estão disponíveis na página do laboratório (<http://www.lactea.ufpr.br/pesquisa/quali-ar/mp>) e são publicados mensalmente. O LACTEA está vinculado ao Departamento de Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Para qualquer dúvida referente a este relatório favor entrar em contato pelo e-mail: lactea@ufpr.br.

1.1 Legislação federal

Considerando como referência os padrões de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a Resolução CONAMA N° 491 de 19/11/2018. Esta Resolução estabelece padrões de qualidade do ar e tem as seguintes definições:

- Material Particulado $MP_{2,5}$: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros;
- Material Particulado MP_{10} : partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;

A Resolução CONAMA N° 491 estabeleceu Padrões de Qualidade do Ar Intermediários – PI, com valores temporários a serem cumpridos em etapas, e Padrões de Qualidade do Ar Final - PF. Adotaremos neste relatório os seguintes Padrões de Qualidade do Ar Final - PF:

- O limite de Material Particulado $MP_{2,5}$ para o período de referência de 24 horas é a média de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- O limite de Material Particulado MP_{10} para o período de referência de 24 horas é a média de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.2 Rede de monitoramento

O monitoramento distribuído de material particulado pode ser direcionado a diferentes objetivos. O monitoramento das agências estaduais do meio ambiente tem como objetivo a conformidade regulamentar, ou seja, a verificação se as concentrações estão dentro dos limites da legislação. Entretanto, os requisitos de precisão e estabilidade para uma rede com muitos pontos de amostragem são muito altos, além do custo elevado.

Complementar aos monitoramentos oficiais nós criamos uma rede com sensores óticos de baixo custo. Esses sensores são capazes de medir MP_{10} e $MP_{2,5}$ com precisão razoável e podem fornecer aos municípios informações importantes, desde a detecção de fonte até a possibilidade de selecionar áreas nas quais as medições com equipamentos de medição mais precisos parecem prudentes. O objetivo não é fornecer um dado extremamente preciso, mas a identificação de *hot-spots* para o combate à poluição por MP.

O projeto se baseia no conceito Internet das coisas (IoT, *Internet of Things*). A metodologia consiste em utilizar os sensores de baixo custo SDS011 acoplados no computador Raspberry Pi. O Raspberry funciona como um data logger local que transmite as informações para um servidor na UFPR que armazena os dados.

1.2.1 Pontos amostrais

Atualmente o projeto conta com 8 estações em Curitiba e região metropolitana:

1. Estação Araucária
2. Estação Batel
3. Estação Boa Vista
4. Estação Campo Largo
5. Estação Jardim Botânico
6. Estação Jardim das Américas
7. Estação Mercês
8. Estação Orleans

A localização de cada estação com seu respectivo número conforme a lista acima é ilustrada na Figura 1.1.

1.2.2 Análise de consistência dos dados

Os dados são coletados em uma frequência de 5 segundos e armazenados em arquivos de texto para cada hora de monitoramento. Para homogeneização e correção de falhas é realizada uma análise de consistência removendo valores espúrios, o que garante um controle de qualidade nos dados. Após o controle de qualidade os dados são reamostrados em médias por minuto. Estes dados são então reanalisados em médias horárias ou diárias conforme será detalhado nas próximas seções.

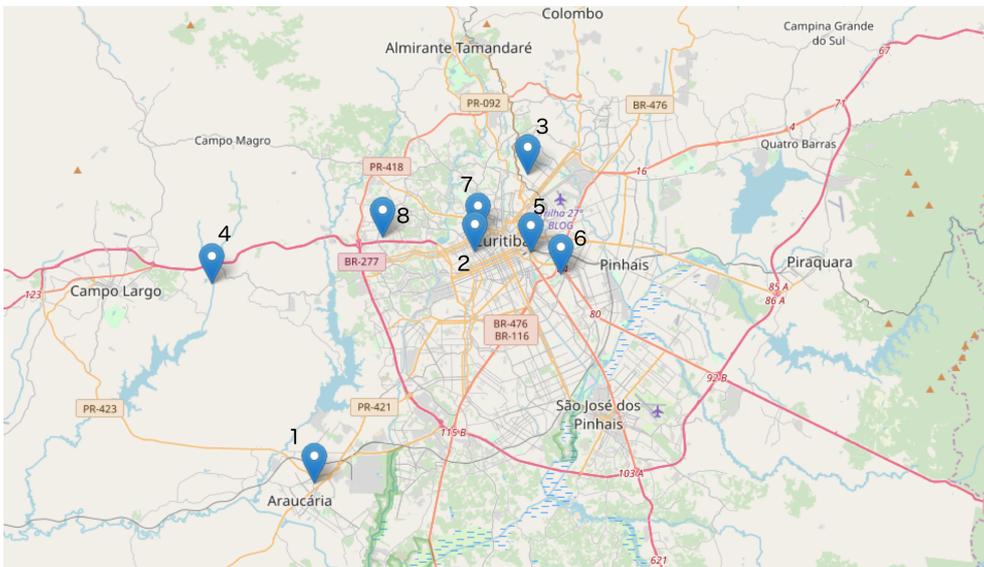


Figura 1.1: Pontos de amostragem com a numeração das estações

2 Monitoramento de Março de 2020

2.1 Séries Temporais dos pontos amostrais

As médias diárias para o mês de interesse para os pontos de amostragem são apresentadas nas Figuras 2.1 e 2.2.

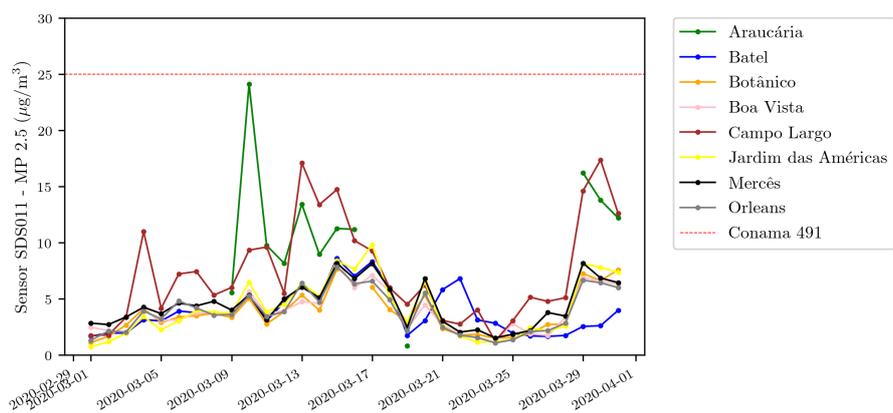


Figura 2.1: Médias diárias de MP_{2,5} dos pontos de amostragem para março de 2020

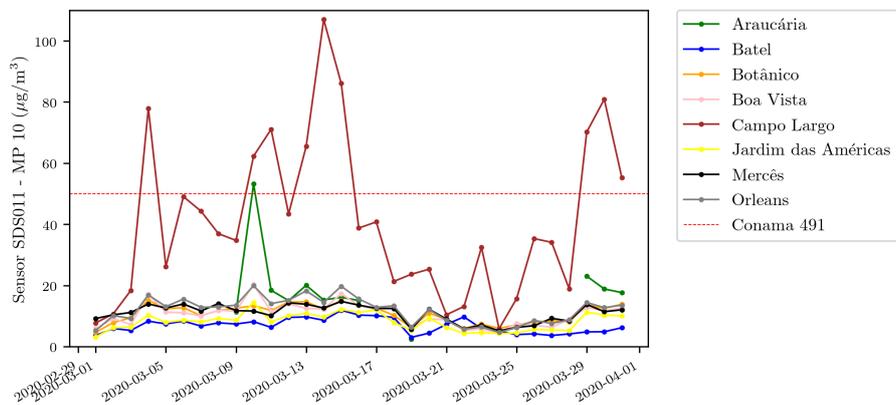


Figura 2.2: Médias diárias de MP₁₀ dos pontos de amostragem para março de 2020

2.2 Perfil diário das estações

Os perfis diários para o mês de março de 2020 dos pontos de amostragem foram construídos com base em médias horárias.

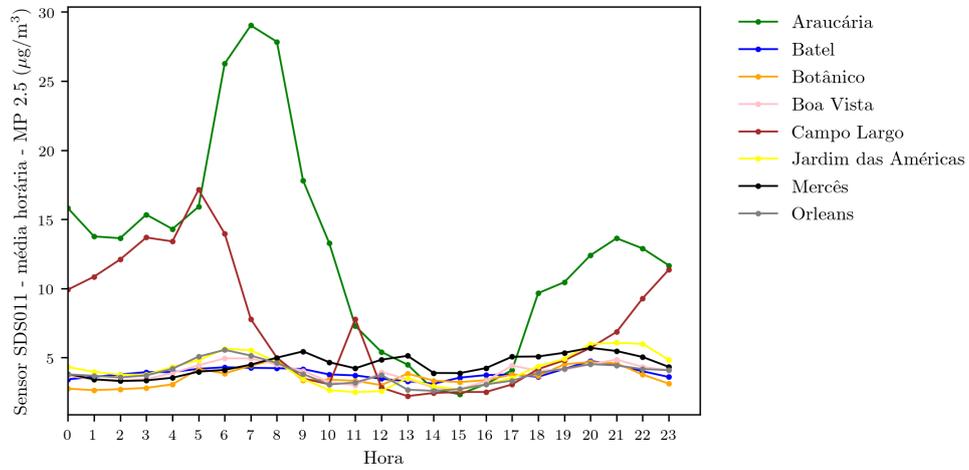


Figura 2.3: Perfis diários de MP_{2,5} dos pontos de amostragem para março de 2020

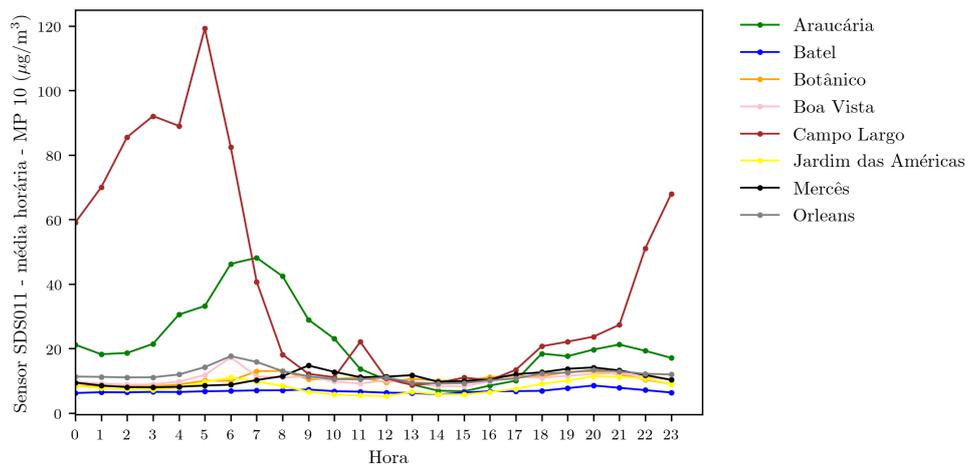


Figura 2.4: Perfis diários de MP₁₀ dos pontos de amostragem para março de 2020

2.3 Mapas

Os mapas abaixo ilustram a média mensal para cada estação de acordo com a escala de cores.

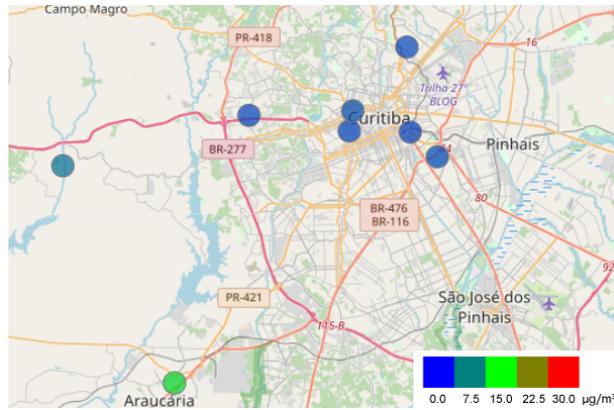


Figura 2.5: Médias mensais de MP_{2,5} dos pontos de amostragem para março de 2020

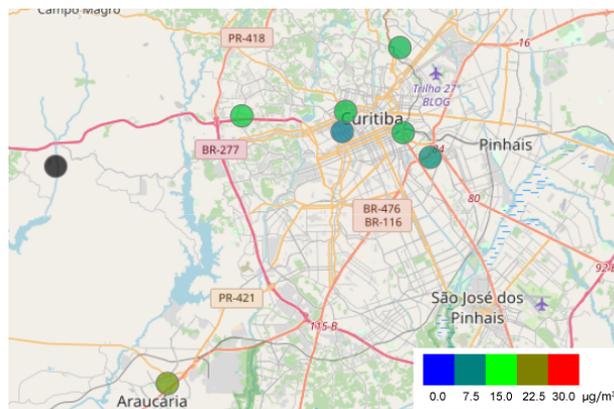


Figura 2.6: Médias mensais de MP₁₀ dos pontos de amostragem para março de 2020

3 Considerações Finais

Considerando os resultados do monitoramento de uma maneira geral pode-se afirmar que a qualidade do ar dos pontos amostrados em Curitiba e região metropolitana é boa, com exceção aos pontos amostrais das estações Campo Largo e Araucária. Considerando os dados de médias diárias, houveram 4 dias que a concentração MP_{10} da estação Campo Largo excedeu os limites da CONAMA 491/2018 - padrões de qualidade do ar final (PF). A concentração de MP_{10} da estação Araucária excedeu os limites da resolução em um dia. Em nenhuma estação a concentração de $MP_{2,5}$ ultrapassou os limites da resolução CONAMA 491/2018. O Sensor SDS011 apresentou picos em todas as análises o que sugere uma elevada sensibilidade a alterações na concentração de MP.

Em relação ao perfil diário, observou-se que os gráficos de $MP_{2,5}$ e MP_{10} apresentam as concentrações mais baixas durante todo o dia nas 6 estações dentro da cidade de Curitiba. Esse comportamento pode estar associado à baixa circulação de veículos que ocorreu durante o isolamento social associado à pandemia do COVID-19. As estações de monitoramento de Campo Largo e Araucária apresentaram comportamentos discrepantes em relação às estações de Curitiba. Houveram picos de concentração próximo das 7 horas em Araucária e próximo das 5 horas em Campo Largo. É curioso o fato das concentrações de $MP_{2,5}$ terem sido em geral maiores em Araucária em comparação a Campo Largo. Entretanto, as concentrações de MP_{10} foram maiores em Campo Largo em comparação a Araucária. Os pesquisadores não encontraram uma explicação para esse comportamento antagônico.

No mapa da Figura 2.6 a cor do círculo referente à estação Campo Largo foi apresentada como “preta” pois a média mensal de MP_{10} foi igual a $39,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$, um valor fora da escala de cores proposta desde o início do monitoramento.

Com relação à identificação dos *hot-spots* destaca-se que as estações de Campo Largo e Araucária tiveram os piores resultados. Ainda é necessário ampliar os pontos de medição e realizar análises durante mais meses para se obter um panorama mais detalhado dos pontos críticos.